

Retro-focus lens

Patent Number: ☐ US6160671
Publication date: 2000-12-12
Inventor(s): NAKAZAWA KIMIYAKI (JP)
Applicant(s):: FUJI PHOTO OPTICAL CO LTD (JP)
Requested Patent: ☐ JP11326755
Application Number: US19990268641 19990316
Priority Number(s): JP19980092619 19980320; JP19980339004 19981130
IPC Classification: G02B13/04 ; G02B3/02 ; G02B3/00
EC Classification: G02B13/04
Equivalents:

Abstract

A retro focus lens having three lens groups arranged, in order from the longer conjugate length side of the lens, as follows: a negative first lens group G1, a positive second lens group G2, and a positive third lens group G3. The first group G1 includes, in order from the longer conjugate length side of the lens, a first lens element L1 of small positive refractive power and made of plastic with an aspherical surface, a second lens element L2 of negative refractive power that is made of glass and has a concave surface facing the shorter conjugate length side of the lens, and a third lens element L3 of negative refractive power with a concave surface facing the shorter conjugate length side of the lens, there being no additional lens elements between the first lens element L1 and the third lens element L3. By satisfying preferred conditions, favorable chromatic aberrations and distortion are attained while achieving a high resolution and a sufficiently large back focus to allow the lens to be used as a projection lens for liquid crystal color projectors.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-326755

(43) 公開日 平成11年(1999)11月26日

(51) IntCl.⁹

G 0 2 B 13/04
13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 13/04
13/18

C

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-339004

(22) 出願日 平成10年(1998)11月30日

(31) 優先権主張番号 特願平10-92619

(32) 優先日 平10(1998)3月20日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005430

富士写真光機株式会社

埼玉県大宮市植竹町1丁目324番地

(72) 発明者 仲澤 公昭

埼玉県大宮市植竹町1丁目324番地 富士
写真光機株式会社内

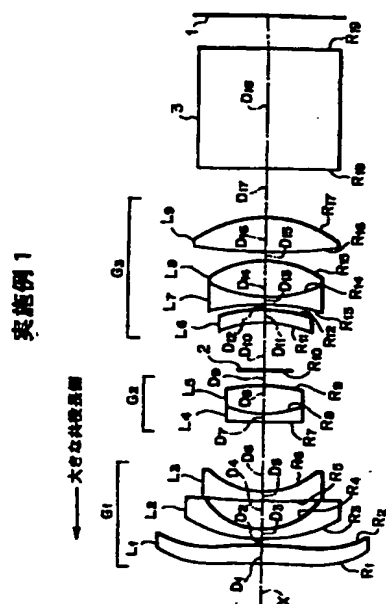
(74) 代理人 弁理士 川野 宏

(54) 【発明の名称】 レトロフォーカス型レンズ

(57) 【要約】

【目的】 大きな共役長側のレンズを屈折力の小さいプラスチック非球面レンズとするとともに、このレンズの小さな共役長側に、ガラスよりなる凹レンズを配設するようにし、かつ所定の条件式を満足することにより、結像機能を確保しつつ、色収差およびディストーション等の収差の補正を良好とする。

【構成】 液晶表示パネル1からの各色光は色合成プリズム3において合成され、このレンズによって、大きな共役長側に配されたスクリーン上に投射される。そのレンズ構成は、大きな共役長側から順に、負、正、正の3群構成とされ、第1群G₁は、大きな共役長側から順に、非球面を有するプラスチックからなる小さい屈折力の第1レンズL₁、小さな共役長側に凹面を向けたガラスからなる負の屈折力を有する第2レンズL₂、および小さな共役長側に凹面を向けた負の屈折力を有する第3レンズL₃を配設してなる。また、8つの条件式を満足するように構成されてなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 大きな共役長側から順に、負の屈折力を有する第1群、正の屈折力を有する第2群、および正の屈折力を有する第3群を配列されてなり、

前記第1群は、大きな共役長側から順に、少なくとも1つの非球面を有する、プラスチックからなる小さい屈折力の第1レンズ、小さな共役長側に凹面を向けたガラスからなる負の屈折力を有する第2レンズ、および小さな共役長側に凹面を向けた負の屈折力を有する第3レンズを配列してなり、

前記第2群は、大きな共役長側から順に配列された、負の屈折力を有する第4レンズと正の屈折力を有する第5レンズを接合した接合レンズを含み、

前記第3群は、少なくとも1つの非球面を有する、プラスチックからなる小さい屈折力のレンズを大きな共役長側に有してなり、

以下の各条件式(1)～(7)を満足することを特徴とするレトロフォーカス型レンズ。

$$Bf/f_0 > 2.1 \quad (1)$$

$$|f_1/f_0| > 35.0 \quad (2)$$

$$|f_6/f_0| > 25.0 \quad (3)$$

$$-0.1 < f_0/f_{G12} < 0.25 \quad (4)$$

$$-1.9 < f_{G1}/f_0 < -1.0 \quad (5)$$

$$1.6 < f_{G3}/f_0 < 2.8 \quad (6)$$

$$\nu_4 - \nu_5 > 20 \quad (7)$$

f_0 : 全系の焦点距離

Bf : 全系のバックフォーカス

f_1 : 第1レンズの焦点距離

f_6 : 第6レンズの焦点距離

f_{G12} : 第1群と第2群の合成焦点距離

f_{G1} : 第1群の焦点距離

f_{G3} : 第3群の焦点距離

ν_4 : 第4レンズのアッペ数

ν_5 : 第5レンズのアッペ数

【請求項2】 前記第3レンズ群が、大きな共役長側から順に、少なくとも1つの非球面を有する、プラスチックからなる屈折力の小さい第6レンズ、負の屈折力を有する第7レンズ、正の屈折力を有する第8レンズ、および正の屈折力を有する第9レンズからなり、該第7レンズおよび該第8レンズは接合レンズを構成し、以下の条件式(8)を満足することを特徴とする請求項1記載のレトロフォーカス型レンズ。

$$\nu_8 - \nu_7 > 32 \quad (8)$$

ν_7 : 第7レンズのアッペ数

ν_8 : 第8レンズのアッペ数

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、レトロフォーカス型のレンズに関し、特に、カラー液晶プロジェクタに搭載される、色合成プリズムで合成されたカラー画像情報

をスクリーン面上に拡大投影する投影レンズとしてのレトロフォーカス型レンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、液晶表示パネルを用いたカラー液晶プロジェクタに用いられる投影レンズとしては、色合成光学系を挿入するために長いバックフォーカスが要求されている。さらに、短い投影距離で大きな投影像を得るために投影レンズの広角化が必要とされ、矩形的液晶パネルに表示された画像をを矩形状に、かつ歪みなしで投影するためにディストーションを良好とすることが要求されている。

【0003】 バックフォーカスの長い広角レンズとしては、従来より、一眼レフレックスカメラ用の広角レンズとして用いられるレトロフォーカス型レンズが知られている。しかしながら、このような従来の一眼レフレックスカメラに用いられているレトロフォーカス型レンズは、射出角度が大きく、光束がテレセントリックとはなっていないため、カラー液晶プロジェクタに用いた場合、スクリーン上に映出された画像に色むらが発生するという問題があった。

【0004】 このような問題を解決するため本出願人は、色合成光学系等の光学系を挿入し得る適度なバックフォーカスを有し、テレセントリックで、ディストーションを補正し得る投影レンズを既に開示している(特開平9-96759号公報)。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、カラー液晶プロジェクタにおいては、年々、液晶表示パネルの画素数が増加するのに伴い、各画素のサイズは小となってきており、高画質化が求められるようになってきていることから、上記公報記載のものよりも、解像力が求められ、色収差、さらにはディストーションをより良好に補正することが望まれている。

【0006】 本発明はこのような事情に鑑みなされたものであり、広画角化および高解像度を達成しつつ、バックフォーカス長およびテレセントリック性を確保し、さらにディストーションおよび色収差等の諸収差を良好なものとしうるレトロフォーカス型レンズを提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明のレトロフォーカス型レンズは、大きな共役長側から順に、負の屈折力を有する第1群、正の屈折力を有する第2群、および正の屈折力を有する第3群が配列されてなり、前記第1群は、大きな共役長側から順に、少なくとも1つの非球面を有する、プラスチックからなる小さい屈折力の第1レンズ、小さな共役長側に凹面を向けたガラスからなる負の屈折力を有する第2レンズ、および小さな共役長側に凹面を向けた負の屈折力を有する第3レンズを配列してなり、前記第2群は、大きな共役長側から順に配列され

10

20

30

40

50

た、負の屈折力を有する第4レンズと正の屈折力を有する第5レンズを接合した接合レンズを含み、前記第3群は、少なくとも1つの非球面を有する、プラスチックからなる小さい屈折力のレンズを大きな共役長側に有してなり、以下の各条件式(1)～(7)を満足することを特徴とするものである。

【0008】

$$\begin{aligned} Bf/f_0 &> 2.1 & (1) \\ |f_1/f_0| &> 35.0 & (2) \\ |f_6/f_0| &> 25.0 & (3) \\ -0.1 < f_0/f_{G12} < 0.25 & (4) \\ -1.9 < f_{G1}/f_0 < -1.0 & (5) \\ 1.6 < f_{G3}/f_0 < 2.8 & (6) \\ \nu_4 - \nu_5 &> 20 & (7) \end{aligned}$$

f_0 : 全系の焦点距離

Bf : 全系のバックフォーカス

f_1 : 第1レンズの焦点距離

f_6 : 第6レンズの焦点距離

f_{G12} : 第1群と第2群の合成焦点距離

f_{G1} : 第1群の焦点距離

f_{G3} : 第3群の焦点距離

ν_4 : 第4レンズのアッペ数

ν_5 : 第5レンズのアッペ数

【0009】また、前記第3群が、大きな共役長側から順に、少なくとも1つの非球面を有する、プラスチックからなる屈折力の小さい第6レンズ、負の屈折力を有する第7レンズ、正の屈折力を有する第8レンズ、および正の屈折力を有する第9レンズからなり、該第7レンズおよび該第8レンズは接合レンズを構成し、以下の条件式(8)を満足することが好ましい。

$$\nu_8 - \nu_7 > 32 \quad (8)$$

ν_7 : 第7レンズのアッペ数

ν_8 : 第8レンズのアッペ数

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。なお、以下2つの実施例について具体的に説明するが、各実施例に各々対応する図面の説明において同一の要素については同一の符号を付し、重複する説明については省略する。

【0011】＜実施例1＞この実施例1のレトロフォーカス型レンズは液晶プロジェクタの投影レンズとして機能し、図1に示すように、各液晶表示パネル(実際には3つの液晶表示パネルが配されている)1からの各色光は色合成プリズム(クロスダイクロイックプリズム)3において合成され、このレトロフォーカス型レンズによって、大きな共役長側に配されたスクリーン(図示せず)上に投射され、そのスクリーン上にカラー画像を形成する。そのレンズ構成は、大きな共役長側から順に、負の屈折力を有する第1群G₁、正の屈折力を有する第2群G₂、および正の屈折力を有する第3群G₃が配列

されてなるもので、第1群G₁は、大きな共役長側から順に、少なくとも1つの非球面を有する、プラスチックからなる小さい屈折力の第1レンズL₁、小さな共役長側に凹面を向けたガラスからなる負の屈折力を有する第2レンズL₂、および小さな共役長側に凹面を向けた負の屈折力を有する第3レンズL₃を配列してなり、第2群G₂は、大きな共役長側から順に配列された、負の屈折力を有する第4レンズL₄と正の屈折力を有する第5レンズL₅を接合した接合レンズからなり、第3群G₃は、大きな共役長側から順に、少なくとも1つの非球面を有する、プラスチックからなる小さい屈折力の第6レンズL₆、負の屈折力を有する第7レンズL₇、正の屈折力を有する第8レンズL₈、および正の屈折力を有する第9レンズL₉からなり、該第7レンズL₇および該第8レンズL₈は接合レンズを構成してなる。なお、第2群G₂と第3群G₃の間には絞り2が配されている。

【0012】また、本実施例のレトロフォーカスレンズは、以下の各条件式(1)～(8)を満足するように構成されている。

$$\begin{aligned} Bf/f_0 &> 2.1 & (1) \\ |f_1/f_0| &> 35.0 & (2) \\ |f_6/f_0| &> 25.0 & (3) \\ -0.1 < f_0/f_{G12} < 0.25 & (4) \\ -1.9 < f_{G1}/f_0 < -1.0 & (5) \\ 1.6 < f_{G3}/f_0 < 2.8 & (6) \\ \nu_4 - \nu_5 &> 20 & (7) \\ \nu_8 - \nu_7 &> 32 & (8) \end{aligned}$$

f_0 : 全系の焦点距離

Bf : 全系のバックフォーカス

f_1 : 第1レンズL₁の焦点距離

f_6 : 第6レンズL₆の焦点距離

f_{G12} : 第1群G₁と第2群G₂の合成焦点距離

f_{G1} : 第1群G₁の焦点距離

f_{G3} : 第3群G₃の焦点距離

ν_4 : 第4レンズL₄のアッペ数

ν_5 : 第5レンズL₅のアッペ数

ν_7 : 第7レンズL₇のアッペ数

ν_8 : 第8レンズL₈のアッペ数

【0013】次に、上記条件式(1)～(8)について説明する。まず、上記条件式(1)は、十分なバックフォーカス長を確保するための条件式であり、この条件からはずれるとレンズ系と結像面の間に色合成プリズムを挿入することが困難となる。また、上記条件式(2)、(3)は、温度の変化に伴う光学性能の劣化を防ぐための条件式であり、プラスチック非球面レンズの屈折力を規定するものである。これらの条件式からはずれると、プラスチックレンズの屈折力が強くなり過ぎ、温度変化による光学性能の劣化が大きくなってしまふ。

【0014】また、上記条件式(4)は、第1群G₁と第2群G₂の合成屈折力を規定する条件式で、この上限

を上回ると、十分なバックフォーカスを確保できなくなる。一方、下限を下回ると、バックフォーカス長を確保するには有利であるが、球面収差を良好に補正するためには第6レンズL₆の屈折力が大きくなり過ぎ、温度変化による影響が大きくなってしまふ。

【0015】さらに、上記条件式(5)は、第1群G₁の屈折力を規定する条件式で、下限を下回ると、レンズ系全体を小さくすることができるものの、歪曲収差の発生が大きくなって、第1群G₁の非球面での補正量を大きくしなければならず、この結果、第1群G₁の屈折力が大きくなり、温度変化による影響が大きくなってしまふ。一方、上限を上回ると、レンズ系全体が大きくなり、好ましくない。

【0016】また、上記条件式(6)は、第3群G₃の屈折力を規定する条件式で、下限を下回ると十分なバックフォーカス長を確保することが困難となる。一方、上限を上回ると、レンズ系が大きくなり過ぎ、さらに、十分広い画角とするためには第1群G₁と第2群G₂の屈折力を強くしなければならなくなり、これによりディストーションや像面湾曲が大きくなり、その補正が困難となる。

【0017】また、上記条件式(7)は倍率色収差を規定する条件式で、下限を下回ると倍率色収差が大きくな*

$$Z = cY^2 / \{1 + (1 - Kc^2Y^2)^{1/2}\} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10}$$

(A)

ただし、Z：光軸からの高さYの非球面上の点より、非球面頂点の接平面（光軸に垂直な平面）に下ろした垂線の長さ（mm）

c：非球面の近軸曲率（光軸上の曲率半径（R）の逆数）

Y：光軸からの高さ（mm）

*り過ぎ、その補正が困難となる。また、上記条件式(8)は軸上色収差を規定する条件式で、下限を下回ると軸上色収差が大きくなり過ぎ、その補正が困難となる。

【0018】さらに、上記条件式(7)、(8)は、色収差を良好なものとするための条件式で、これらの範囲をはずれると色収差を良好なものとするのが困難となる。なお、光学系に使用できるプラスチックはその材料が限られているので、ガラスレンズと比較すると色収差を適切に補正することが難しく、したがって、色収差を補正するためにはガラス材料を適切に用いることが必要である。

【0019】次に、この実施例1における各レンズ面の曲率半径R（mm）、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔D（mm）、各レンズのd線における、屈折率Nおよびアッベ数vを下記表1に示す。ただし、この表1および後述する表3において、各記号R、D、N、vに対応させた数字は大きな共役側から順次増加するようにになっている。また、R₁、R₂、R₁₁、R₁₂は、下記非球面式(A)により表される非球面であり、その光軸上の曲率半径については表1に示される値となっている。

【0020】

K：離心率

A、B、C、D：第4、6、8、10次の非球面係数

なお、表2に第1、2、11、12面の非球面係数A、B、C、Dおよび離心率Kを示す。

【0021】

【表1】

$f=1.0$ $F_{No.}=2.5$ $2\omega=83.0^\circ$				
面	R	D	N	ν
1	-8.190	0.307	1.50918	52.0
2	-6.091	0.108		
3	2.263	0.184	1.58913	61.3
4	1.073	0.528		
5	21.612	0.153	1.58144	40.9
6	1.239	1.223		
7	20.827	0.134	1.51680	64.2
8	1.479	0.480	1.72342	38.0
9	-2.881	0.274		
10(絞り)	∞	0.825		
11	-2.363	0.230	1.50918	52.0
12	-2.109	0.088		
13	-3.680	0.142	1.84666	23.8
14	2.051	0.614	1.48749	70.4
15	-1.601	0.178		
16	7.757	0.596	1.62041	60.3
17	-1.927	0.855		
18	∞	2.109	1.51680	64.2
19	∞			

【0022】

* * 【表2】

面	K	A	B	C	D
1	1.08852	0.55871×10^{-1}	-0.46584×10^{-3}	0.79567×10^{-4}	0.17362×10^{-4}
2	1.03258	0.67345×10^{-1}	-0.21976×10^{-3}	-0.23895×10^{-3}	-0.33313×10^{-7}
11	2.13863	-0.22042×10^{-1}	0.48493×10^{-3}	0.18905×10^{-4}	0.14778×10^{-3}
12	0.00810	0.93418×10^{-1}	0.45254×10^{-3}	-0.33143×10^{-4}	-0.13049×10^{-4}

また、この実施例1における、Fナンバおよび画角 2ω は表1に示すように各々2.5および 83.0° である。また、レンズの全系焦点距離 f は1.0に規格化されている。なお、本実施例1の各々の値は具体的には表5に示す如く設定されている。

【0023】＜実施例2＞実施例2のレトロフォーカス型レンズについて図2を用いて説明する。この実施例2のレンズは、上記実施例1のレンズとほぼ同様のレンズ構成とされている。この実施例2における各レンズ面の曲率半径R (mm)、各レンズの中心厚および各レンズ

間の空気間隔D (mm)、各レンズのd線における、屈折率Nおよびアッペ数 ν を下記表3に示す。

【0024】また、 R_1, R_2, R_{11}, R_{12} は、上記非球面式(A)により表される非球面であり、その光軸上の曲率半径については表3に示される値となっている。なお、表4に第1、2、11、12面の非球面係数A, B, C, Dおよび離心率Kを示す。

【0025】

【表3】

	$f=1.0$	$F_{No.}=2.5$	$2\omega=83.0^\circ$	
面	R	D	N	ν
1	-6.818	0.308	1.60918	52.0
2	-5.418	0.108		
3	2.390	0.184	1.62041	60.3
4	1.115	0.520		
5	7.081	0.153	1.62041	60.3
6	1.231	1.256		
7	11.193	0.134	1.48749	70.4
8	1.828	0.525	1.67003	47.2
9	-2.414	0.337		
10(絞り)	∞	0.891		
11	-2.567	0.230	1.60918	52.0
12	-2.445	0.145		
13	-2.414	0.142	1.84666	23.8
14	2.296	0.566	1.51680	64.2
15	-1.761	0.008		
16	7.551	0.511	1.77250	49.6
17	-2.063	0.849		
18	∞	2.105	1.51680	64.2
19	∞			

【0026】

* * 【表4】

面	K	A	B	C	D
1	1.06463	0.61011×10^{-1}	-0.48269×10^{-1}	0.80874×10^{-1}	0.16999×10^{-1}
2	1.01701	0.65214×10^{-1}	-0.19858×10^{-1}	-0.26216×10^{-1}	-0.63695×10^{-1}
11	1.44520	-0.28432×10^{-1}	-0.62042×10^{-1}	0.19473×10^{-1}	0.16208×10^{-1}
12	0.11258	0.90897×10^{-1}	0.61896×10^{-1}	-0.34268×10^{-1}	-0.13635×10^{-1}

また、この実施例2における、Fナンバおよび画角 2ω は表3に示すように各々2.5および 83.0° である。また、レンズの全系焦点距離 f は1.0に規格化されている。なお、前述した条件式(1)～(8)は全て満足される。 ※れており、各々の値は下記表5に示す如く設定されている。

【0027】

【表5】

式の値	実施例1	実施例2
(1)	2.25	2.24
(2)	44.48	48.32
(3)	29.52	61.76
(4)	0.153	0.214
(5)	-1.33	-1.36
(6)	2.19	2.18
(7)	26.2	23.2
(8)	46.6	40.4

なお、上記実施例1、2に対応させてその各収差図(球面収差、非点収差、ディストーションおよび倍率色収差の収差図)を各々図3、4に示す。なお、この収差図に

において ω は半画角を示す。これら図3、4から明らかに、上述した各実施例によれば、前述した各収差、特に色収差およびディストーションを良好なものとする

ことができる。

【0028】また、各球面収差図においてはd線、F線およびC線に対する収差が、また各倍率色収差図においてはd線に対するF線およびC線の収差が示されている。さらに、各非点収差図には、サジタル(S)像面およびタンジェンシャル(T)像面に対する収差が示されている。

【0029】なお、本発明のレトロフォーカス型レンズとしては、上記実施形態のものに限られるものではなく種々の態様の変更が可能であり、例えば各レンズの曲率Rおよびレンズ間隔(もしくはレンズ厚)D、さらには第2群および第3群のレンズ形状およびレンズ枚数を適宜変更することが可能である。なお、本発明レンズはカラー液晶プロジェクタの投影レンズとして用いる場合のほか、その他の結像レンズ等として用いる場合にも同様の効果を得ることができる。

【0030】

【発明の効果】以上、詳細に説明した通り、本発明のレトロフォーカス型レンズによれば、最も、大きな共役長側のレンズのレンズ面を非球面とし、かつこのレンズを屈折力の小さいプラスチックレンズとするとともに、このレンズの小さな共役長側に、小さな共役長側に大きな曲率の凹面を向けたガラスよりなる凹レンズを配設するようにしているので、結像機能を確保しつつ、色収差およびディストーション等の収差の補正を良好とすることができ、さらに、プラスチックレンズの温度変化に伴う

影響を抑制することができる。また、広画角化および高解像度を達成することができる。

【0031】また、小さな共役長側をテレセントリックな系とすることができ、特に液晶表示パネルを用いた投射型テレビ等の投影レンズで問題となる周辺光量の低下を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係るレンズ基本構成を示す概略図

【図2】本発明の実施例2に係るレンズ基本構成を示す概略図

【図3】実施例1に係るレンズの各収差図(球面収差、非点収差、ディストーションおよび倍率色収差の収差図)

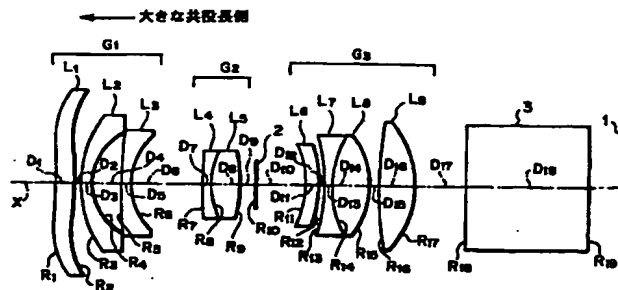
【図4】実施例2に係るレンズの各収差図(球面収差、非点収差、ディストーションおよび倍率色収差の収差図)

【符号の説明】

L ₁ ~ L ₉	レンズ
R ₁ ~ R ₁₉	レンズ面あるいはプリズム面の曲率半径
D ₁ ~ D ₁₈	レンズあるいはプリズムの面間隔
X	光軸
1	液晶表示パネル
2	絞り
3	色合成プリズム

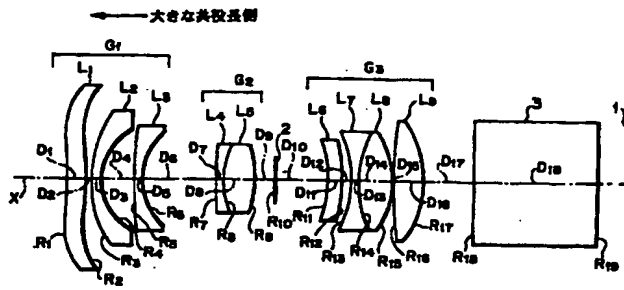
【図1】

実施例1



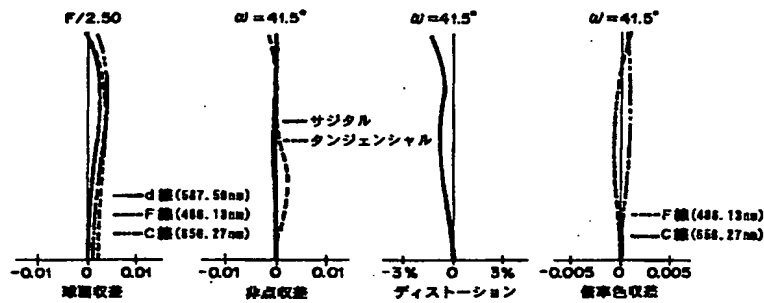
【図2】

実施例 2



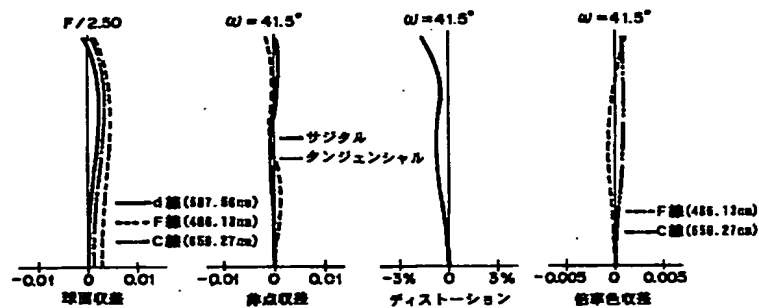
【図3】

実施例 1



【図4】

実施例 2



PROJECTION LENS

Patent Number: JP10170824
Publication date: 1998-06-26
Inventor(s): KONO YOSHITSUGU
Applicant(s):: RICOH OPT IND CO LTD
Requested Patent: ☐ JP10170824
Application Number: JP19960335844 19961216
Priority Number(s):
IPC Classification: G02B13/24 ; G02B13/18
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To secure the back focus of a required length while keeping desired performance by making a projection lens possess plural aspherical surfaces and making the focal distance of an entire system, the back focus of the entire system on a reduction side, and a lens entire system satisfy a desired condition.

SOLUTION: A front group I is arranged on the enlarging side, a rear group II is arranged on the reduction side, and an aperture diaphragm S is arranged so as to be interposed between the groups I and II. A luminous flux synthesizing means is arranged inside the back focus on the reduction side of the group II. Two or more aspherical surfaces are adopted in the entire system. When the focal distance of the entire system is defined as (f), the back focus of the entire system on the reduction side is defined as Bf, and the entire length of the lens is defined as L, the condition of expression $-4 < (2 \cdot Bf - L) / f < 1$ is satisfied. This condition is the one for securing large ratio with respect to the focal distance of the back focus and realizing the lens whose cost is low while keeping good image performance.

Data supplied from the esp@cenet database - I2